تحليل الضوضاء البيئية داخل الفراغات شبه المغلقة
(دراسة حالة نفق السوق الصغير بمكة المكرمة)

دكتور/ أحمد محمد عبد الرحمن شحاتة
استاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية كلية الهندسة – جامعة المنصورة

ANALYZYING ENVIRONMENTAL NOISE WITHIN SEMI-CLOSED SPACES
(A Case Study, Al-Souk Al-Sagheer Tunnel in Mecca)

Dr. Shehata, Ahmed Mohamed Abd El-Rahman
Associate Professor, Architecture Department
Collage of Engineering – Al-Mansoura University

ABSTRACT:
Pedestrians within enclosed or semi-enclosed spaces suffer from being subject to high levels of environmental noise. Such levels could affect their health, both sociologically and physically.
Places such, underground metro stations, multi story garages and dual use tunnels are places where pedestrian activities mixes with traffic and machinery noise.
Al-souk Al-Sagheer Tunnel, within the central area of Mecca city, presents one of theses spaces.
The research presents an analytical approach to evaluate the hazard risk within such spaces. Comparing pedestrian activities with noise levels in the main and sub areas within the tunnel gives an actual assessment to exposing degrees. Depending on such assessment, good and effective solutions are possible.
Through the research, a case study was evaluated using the previous process. The evaluation is followed with analysis.
The research concluded with general recommendations and recommendations regarding the case study both on long term and short term.

موجز البحث:
يعانى مستخدمو بعض الاماكن العامة المغلقة أو شبه المغلقة وبالأخص تلك التى تتداخل فيها أنشطة المشاة مع وسائل النقل المختلفة من التعرض لمستويات من الضجيج قد تؤثر عليهم صحيا كما أنهم قد يتعرضون لها لأزمنة قد تسبب لهم ضررا جسمانيا دائما. من أهم أمثلة تلك الفراغات محطات المترو ومواقف السيارات وأنفاق السيارات التى تتضمن أماكن لحركة المشاة. ويمثل نفق السوق الصغير أسفل ساحة الحرم المكى واحدا من الأمثلة الصارخة التى يتعرض فيها المارة إلى مستويات عالية جدا من الضجيج حيث تختلط فيه حركة المارة بالسيارات.
يقدم البحث نموذجا للتعامل مع مثل تلك الفراغات وذلك من خلال عمل دراسة تحليلة لمثال تطبيقى (نفق السوق الصغير بمكة المكرمة) حيث يتم خلال البحث دراسة الأنشطة المختلفة التى تتم داخل جسم النفق من حيث الازمنة والحيزات التى تتم فيها ومن ثم تحليل مصادر ومستويات الضوضاء داخل حيزات النفق المختلفة وذلك من خلال
- عمل خريطة كونتورية لمستويات الضوضاء على كامل مسطحات النفق
- عمل خريطة كونتورية لكثافة أنشطة المشاة داخل النفق.

ومن ثم تحديد الفئات الأكثر تعرضا للضرر وأماكن تعرضها.
ويخلص البحث إلى وضع توصيات لتقليل مستويات الضوضاء البيئية داخل النفق وكذلك تقليل زمن تعرض مستخدمى النفق لها وذلك على المدى القريب والبعيد.

١. مقدمة:
تمثل الضوضاء البيئية واحدا من أخطر مظاهر التلوث تاثيرا على الانسان وتعد الفراغات المغلقة أو شبه المغلقة مثل مواقف السيارات متعددة الطوابق ومحطات المترو وأنفاق المرور التى تختلط فيها حركة المشاة بالسيارات ذات عوامل

Accepted June 17, 2004.

تضاعف من تاثير الضوضاء على مرتادى مثل تلك الفراغات.

ويمثل نفق السوق الصغير واحدا من محاور الحركة والربط الرئيسة بالمنطقة المركزية إضافة إلى انه يمثل واحدا من محاور الوصول إلى ساحات الحرم. ويلاحظ زائر هذا النفق مستوي الضوضاء العالى و الذى يسبب الإزعاج بما يشكل نموذجا جيدا لمثل تلك الفراغت.

الهدف من البحث: يهدف البحث إلي دراسة مخاطر التعرض لواحد من عناصر التلوث البيئى وهو الضوضاء البيئية وبالأخص داخل الفراغات العامة المغلقة أو شبه المغلقة وذلك من خلال وضع أسلوب تحليلى يتم خلاله دراسة وتحليل أنماط الأنشطة المختلفة داخل تلك الفراغات وكذلك مصادر ومستويات الضوضاء المختلفة وتوزيعها داخلها وتطبيق هذه الخطوات على مثال تطبيقى.

منهج البحث: يتبع البحث المنهج الوصفى التحليلى حيث يتم من خلاله دراسة الاستخدامات و قياس معدلات الضوضاء و من ثم تحليل تلك البيانات لتقييم المخاطر البيئية الناتجة.

مجال البحث: يهتم البحث بشكل عام بواحدة من مشكلات التلوث البيئي وهى التلوث السمعي أو الضوضاء البيئية. وعلي وجه الخصوص يهتم البحث بدراسة الظروف البيئية الصوتية داخل الفراغات مختلطة الأنشطة بين الإنسان والآلة وأسلوب تقييم مستوي الضوضاء البيئية وأثرها على صحة مستخدمي تلك الفراغات.

2. تعاريف واصطلاحات:

الضوضاء Noise : تعرف بأنها كل صوت لا يحمل معني أو معلومة مفيدة أو غير مرغوب في سماعه.

الضوضاء البيئية Environmental Noise: هى الضوضاء التى يتعرض لها الشخص أثناء ممارسته لانشطته اليومية داخل البيئة العمرانية.

أنواع الضوضاء البيئية (TYPES OF NOISE): عند قياس مستويات الضوضاء يجب تحديد نوعية الضوضاء الموجودة بالفراغ وبالتالي يمكن تحديد المؤشرات الدالة علي ذلك النوع وبالتالي الأجهزة اللازمة وطرق القياس المناسبة لها. و تنقسم الضوضاء البيئية إلى:

- **الضوضاء المستمرة CONTINUOUS (NOISE):** هي الناتجة عن معدات تعمل دون توقف مثل مواتير المياه والمكيفات وغيرها. وقياس مثل هذه الضوضاء يمكن ان يتم من خلال القياس لعدة دقائق و بأجهزة قياس يدوية.
- **الضوضاء الترددية (INTERMITTENT NIOSE):** تنتج عن محركات أو مواتير تعمل علي فترات وتتزايد خلالها مستويات الضوضاء ثم تقل مرة أخري. و يمكن قياس هذا النوع من الضوضاء بنفس الأجهزة التي يمكنها قياس الضوضاء المستمرة إلا أنه يجب توثيق المدى الزمني لدورات زيادة الضوضاء.
- **الضوضاء الفجائية (IMPULSIVE NOISE):** تحدث علي مدي زمني بسيط و لها شدة صوتية مرتفعة جدا وتعد من أشد أنواع الضوضاء إزعاجا. و يتم قياسها بتسجيل الفرق بين قياسات رد الفعل السريع والبطيء. هذا بالإضافة إلي معدل تكرارها بالنسبة للزمن.
- **الضوضاء اللحنية (TONES):** تنتج عن مصدرين أساسيين:
  1. أجزاء المحركات التي تدور أو المراوح أو صناديق التروس الملحقة بالمحركات.
  2. سريان الهواء داخل المجاري الخاصة بأجهزة التهوية الميكانيكية أو المياه داخل المواسير.

ويتم تمييز ووجود الضوضاء اللحنية بالأذن المجردة كما يمكن قياسها بتحليل ترددات الضوضاء علي مدار الطيف الصوتي. وفترات وجود الضوضاء اللحنية يجب أيضا أن توثق.

- **الضوضاء ذات التردد المنخفض (LOW FREQUENCY NOISE):** ذات طاقة صوتية ضخمة جدا ذات تردد يتراوح بين ٨ و ١٠٠ هيرتز ويعد الفارق بين مستوي الضغط الصوتي المتوسط (A) و الضغط الصوتي المتوسط (c) مؤشرا جيدا علي وجود مشكلة ضوضاء ذات تردد منخفض.

أما الترددات التي تقل عن ٢٠ هيرتز فتؤثر علي الإنسان كطاقة صوتية رغم أنها غير مسموعة وإن كانت أثارها مازالت تحت البحث ولا توجد معدلات دولية لمستوياتها.[٢]

3. معدلات ومستويات التعرض المسوح بها عالميا:

اهتم الكثير من الباحثين والهيئات القياسية فى العديد من الدول بتحديد مستويات التعرض للضوضاء ومعدلاتها الزمنية وطبيعة المخاطر الناجمة عن تجاوز تلك المعدلات والمستويات وقد حددت منظمة الصحة العالمية أن مستوي ٧٠ db LA_{eq} يعد أعلي معدل ضوضاء خارجية يمكن أن يتعرض له أفراد المجتمع.

كما تنص المواصفات القياسية الأوروبية ISO ١٩٩٩ R٥٣٢ علي أنه لحماية الغالبية العظمي من الجمهور في المناطق العامة من الإزعاج فإنه يجب ألا يزيد معدل الضوضاء العامة عن ٥٥ ديسيبل LA_{eq} . وأن زمن التلاشي للفراغ يجب ان يكون أقل من ١ ثانية.

1.3. الآثار السلبية لمستويات الضوضاء المختلفة علي مستخدمي الفراغات:

تقليل القدرة علي تلقي كامل ترددات الصوت حيث أن المجال السمعي يتراوح بين ٢٠ هيرتز و ٢٠ كيلو هيرتز. و ينتج عن التعرض للضوضاء فقدان للقدرة علي سماع بعض الترددات وهذا الفقدان قد يكون مؤقتا أو نهائيا.

الإعاقة الصوتية تحدث نتيجة التعرض لترددات صوتية عالية تتراوح بين ٣ و ٦ كيلو هيرتز. وهذا يؤثر علي حدوث الإعاقة السمعية أيضا مدة التعرض و مستوي التعرض وقد تم تحديد حد الاعاقة السمعية ب ١٤٠ ديسيبل كقيمة عظمي مدة القياس Peak Sound للكبار و ١٢٠ ديسيبل للأطفال.

إعاقة التخاطب حيث تبلغ الطاقة الصوتية اللازمة للتخاطب في بيئة هادئة حوالي ال ٥٠ ديسيبل و قد حدد مستوي الضوضاء اللازم لحجب الكلام بأنه ذو فارق لا يقل عن ٣٥ ديسيبل أي الضوضاء التي يمكن أن يتسبب عنها إعاقة لتبادل الحوار تبدأ من ٣٥ ديسيبل.

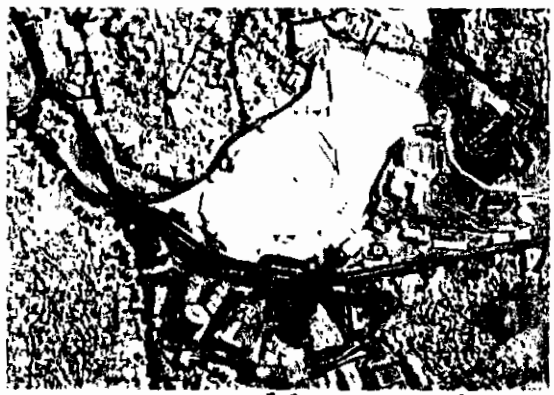
إعاقة النوم و إقلال الراحة حيث حددت البيئة الهادئة و اللازمة للشخص للاستخفاء والنوم بقيمة تتراوح بين ٣٠ و ٤٥ ديسيبل وعليه فان أي ارتفاع عن هذا المستوي قد يعوق الشخص علي النوم.

التأثير علي السلوك الشخصي: ثبت أن مستوي الضوضاء لمستوي أكبر من ٨٠ ديسيبل LA_{eq} لأي مدة زمنية يقلل من مشاعر مساعدة الآخرين و يزيد معه الشعور العدواني تجاه الآخرين.

إعاقة القدرة الذهنية والتأثير علي الأداء.[٦,٨]

4. دراسة حالة (نفق السوق الصغير):

يمثل نفق السوق الصغير واحدا من محاور الحركة و الربط الرئيسة بالمنطقة المركزية لمكة المكرمة إضافة إلى انه يمثل واحدا من محاور الوصول الهامة إلى ساحات الحرم المكى. يختص هذا النفق بالذات بكثافة تواجد المشاة وباختلاط الأنشطة به ومنها علي سبيل المثال حركة المشاة وحركة السيارات و الصورة الجوية بالشكل رقم ١ تعرض المنطقة المركزية وموقع النفق وعلاقته بساحات الحرم المكى.



شكل رقم : ١ علاقة نفق السوق الصغير بالمنطقة المركزية وساحات الحرم المكى.

1.4. وصف الحيز الفراغي للنفق:

يتكون النفق من جسم خرساني مستطيل المقطع يبلغ عرضه حوالي ٢٢ متر وارتفاعه خمسة أمتار وربع ويشتمل النفق علي مسارين متوازيين للسيارات كل منهما يتكون من ثلاث حارات

طولية كما يتضمن النفق حوائط خرسانية طولية تفصل محطات إركاب عن باقي جسم النفق.
والأسكال أرقام ٢ و٣ و٤ تعرض لقطات للفراغ الداخلى للنفق وطرق ربطه بساحات الحرم إضافة إلى مسقط أفقى لجسم النفق. ويتضمن النفق أربع محطات إركاب تتكون كل واحدة منها من حارتين إضافيتين لانتظار السيارات للتحميل والتفريغ مفصولتان عن الطريق الرئيسي بحائط خرساني ورصيف مشاة يؤدي إلي سلم كهربي مزدوج.

شكل رقم : ٢ وسائل ربط النفق مع ساحات الحرم.

شكل رقم : ٣ النفق وكثافة الحركة به.

يعرض الشكل رقم ٥ قطاعا عرضيا في جسم النفق موضحا أجزاءه وعناصره المختلفة وسقف النفق خرساني متموج ويشتمل علي عدة فتحات للتهوية تصل النفق بساحة الحرم أعلاه.

شكل رقم : ٤ مسقط أفقي لنفق السوق الصغير

كما أن حوائط النفق مكسوة بجريليا مكونة من شرائح طولية بعرض ١٠ سم تخفي بينها فراغات بنفس العرض ويختفي خلف أجزاء منه فتحات لضخ الهواء.

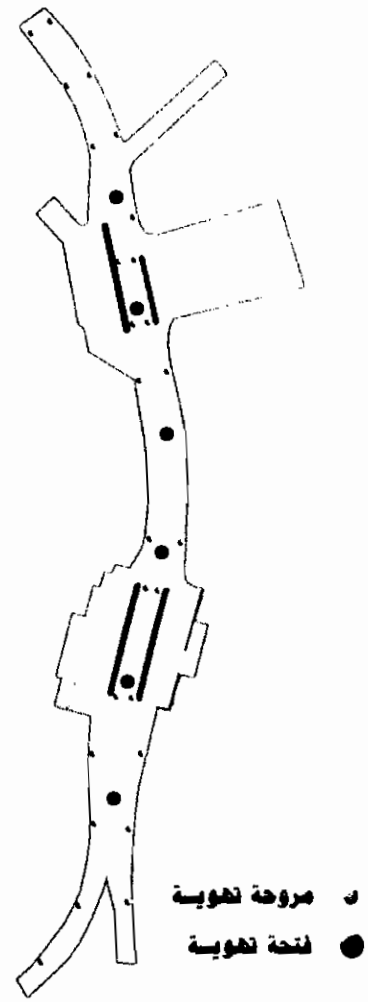
شكل رقم : ٥ قطاع رأسي في النفق يوضح أجزائه الرأسية المختلفة.

2.4 مصادر الضوضاء داخل النفق:

تحتوي فراغات نفق السوق الصغير علي العديد من العوامل التي تؤكد علي وجود مشكلة ضوضاء بحاجة إلى استقصاء حيث تبين من الزيارة الميدانية للموقع ان هناك مشكلة ضوضاء تتلخص فى النقاط التالية:

- المراوح التوربينية المستخدمة لتهوية النفق و المعلقة علي جانبي النفق. و التي يبلغ قطر كل منها أكثر من واحد متر وطول كل منها أكثر من أربعة أمتار و هي معلقة علي ارتفاع أربعة أمتار والشكل التالي يعرض توزيعها علي المسقط الأفقي للنفق. و ينتج عن هذه المراوح **ضوضاء مستمرة** والشكل رقم ٤ يعرض توزع مراوح التهوية علي مسطح النفق وكذلك أماكن فتحات التهوية الموجودة بسقف النفق.
- محركات وآلات تنبيه السيارات بانواعها المختلفة والمنتظرة بالنفق و ينتج عنها **ضوضاء ترددية**.
- أصوات المارة و الباعة الحانلين بالنفق.
- أبواق سيارات الطوارئ و الحافلات المارة بالنفق و ينتج عنها **ضوضاء فجائية**.
- طبيعة و شكل جسم النفق حيث تبين أن هناك انحناءات في جسم النفق تساعد

علي تجميع الصوت في مناطق مختلفة داخل النفق مما يزيد من مشكلة الضوضاء به.



شكل رقم : ٦ مسقط أفقي لجسم النفق موزع عليه مراوح تحريك الهواء و كذلك فتحات التهوية العلوية الموصلة لساحة الحرم.

3.4. المسح الميداني للأنشطة:

أعتمد المسح الميداني للنفق علي زيارات ميدانية لمتابعة طبيعة وكثافة الأنشطة داخل النفق وكذلك توزعها علي مسطحاته المختلفة. وقد تم زيارة النفق عدة مرات علي مدار أشهر شعبان ورمضان وذلك علي مدار اليوم والأسبوع لمتابعة الأنشطة التي تتم داخل النفق. و قد تبين من تلك الزيارات النقاط التالية:

الأنشطة التي تتم داخل النفق علي النحو التالي:

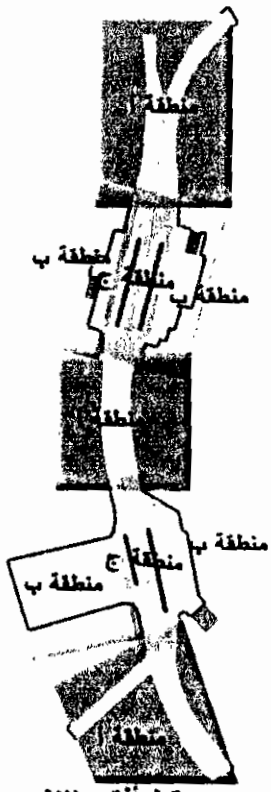
1. وجود بعض المشاة علي مسار موازي لمسار السيارات بطول النفق.
2. كثافة السيارات تختلف علي مدار اليوم والأسبوع حيث تلاحظ زيادة كثافة السيارات في الفترة بين الساعة السادسة والتاسعة مساء يوميا. كما تلاحظ زيادتها خلال أيام الاثنين والخميس وكذلك أيام العطلات و خاصة الجمعة عن غيرها من الأيام من الأسبوع. أما خلال المواسم فتبلغ الذرة خلال العشر الأواخر من رمضان وخلال فترة الحج.
3. سرعة السيارات علي طول النفق تختلف بين مناطقه المختلفة.
4. يقوم عدد من الباعة الجائلين بافتراش الممر المؤدي من رصيف الإنزال إلي السلم الكهربي وخاصة أيام الجمعة بين الساعة العاشرة صباحا والثانية بعد الظهر.
5. نظرا لازدحام مسار السيارات والخاص بمنطقة إنزال الركاب فإن كثير من السائقين يقوم بإنزال الركاب و إركابهم خارج محطة الإنزال مما يعرضهم للمرور بالمنطقة كثيرة الضوضاء.
6. رجال الأمن القائمين علي حفظ النظام وتسيير المرور بالنفق.

كما أنه أمكن تقسيم النفق إلي ثلاثة أنماط رئيسية طبقا لاختلاط الأنشطة وكثافتها:

- **مناطق أ:** أهم ما يميز الأنشطة في هذا الجزء هو وجود حركة سيارات مارة بسرعات تختلف حسب درجة الازدحام.
- **مناطق ب:** مناطق لإنزال واركاب وهي عبارة عن ممر سيارات بعرض حارتين ورصيف بعرض أربعة ويتمتع بوجود سقف مستعار من الألومنيوم مكون ألواح طولية بعرض ١٠.٥ سم و يحتوي علي فراغات بينية بعرض ١٠ سم.
- **مناطق ج:** مناطق مرور السيارات المقابلة لمحطات الاركاب ويفصل هذه المنطقة عن محطة الاركاب ج حائط خرساني بكامل ارتفاع السقف و تتميز

بتداخل حركة المشاة مع حركة السيارات و كثافة الازدحام.

والشكلين رقم ٧ و٨ تعرض مسقط أفقي للنفق موضحا عليه مناطق توزيع الأنشطة أ و ب و ج من النفق وعلاقتها بباقي مناطق النفق.



شكل رقم : ٧ مسقط أفقي للنفق موضحا عليه مناطق توزيع الأنشطة أ و ب و ج.

والخريطة بالشكل رقم ٩ توضح توزيع وكثافة أنشطة المشاة بالنفق خلال فترات الذروة (العشر الأواخر من رمضان).

شكل رقم : ٨ توزيع الأنشطة ومحاور حركة المشاة بمنطقة الإركاب.

كما يتضح من الشكل فان حركة المشاة تتلخص في حركة دخول وخروج من منطقة الاركاب وما يقابلها من نهر الطريق المخصص لسيارات حيث يخرج كثير من المشاة لعرض الطريق لركوب سيارات الأجرة أو لعبور الطريق للجهة المقابلة حيث تسمح الفتحات الموجودة في حواجز المرور بعبور المشاة كما أن هناك عدد لا باس به من المشاة يقطعون النفق طوليا علي رصيف المشاة متجهين إلي إحدى نهايتي النفق.

شكل رقم : ٩ مسقط أفقي تقريبي للنفق موضحا عليه كثافة توزيع أنشطة المشاة بالنفق.

4.4. قياس مستويات الضوضاء داخل النفق:

1.4.4. أجهزة القياس المستخدمة (Instrumentation):[٣]

جهاز قياس صوتي:

Modular Precision Sound Level Meter

الميكروفون المستخدم: موديل 4155 ١/٢ inch Free field من إنتاج شركة Bruel & Kjaer

جهاز معايرة الميكروفون: موديل Ex١٨ من إنتاج شركة Bruel & Kjaer

إجراءات القياس: تم تنفيذ عدد من الاجراءات الخاصة بمعيرة وضبط الجهاز علي الوضعيات التالية:

- المدى الزمنيTime Weighted
- مجال القياس بين ٥٠ و ١٢٠ ديسيبل.
- زمن القياس ٢٠ ثانية.

التسجيل يتم تلقائيا بعد انتهاء زمن التسجيل والدخول في وضعية الانتظار. [١]

برامج القياس المستخدمة: موديل BZ ٧١١٥ من إنتاج شركة Bruel & Kjaer

- برنامج تشغيل رقم ٧١١١ BZ. لقياس عدة قيم و ذلك لكل تردد علي مدار ١/٣ Octave
- جهاز فصل الترددات موديل ١٦٢٥. [٣]

الشكل رقم ١٠ يعرض جهاز القياس المستخدم بعد تركيب اجزائه المختلفة.

شكل رقم : ١٠ جهاز القياس المستخدم.

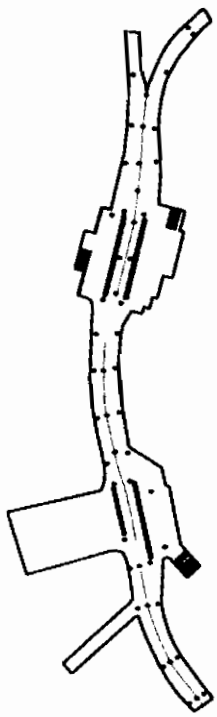
تم إجراء المسح الميدانى خلال ثلاث زيارات ميدانية كالتالى:

2.4.4. المسح الميداني الأول:

تاريخ و زمان المسح: تم المسح يوم الخميس الموافق التاسع من رمضان بعد انتهاء صلاة القيام مباشرة و ذلك بين الساعة ٩:٢٠ مساءا و الساعة ١٠:٣٨ مساءا.

عدد نقاط القياس وتوزيعها: تم توزيع نقاط القياس علي كامل مسطح النفق وقد بلغ عدد نقاط القياس ٥٤. والشكل رقم ١١ يوضح توزيع تلك النقاط.

القيم المقاسة: [٣] MINL SEL LEQ MAXL MAXP PEAK. (راجع الملحق)



شكل رقم : ١١ توزيع نقاط المسح الميداني الأول علي مسطح النفق.

3.4.4. المسح الميداني الثاني:

تاريخ و زمان المسح: تم المسح يوم الجمعة الموافق ٢٤ من رمضان.

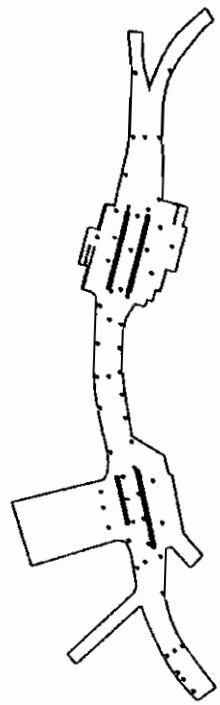
توقيت المسح: تم البدء في المسح بعد انتهاء صلاة الجمعة مباشرة وذلك بين الساعة ١:٢٠ بعد الظهر والساعة ٢:٣٠.

إجراءات القياس: تم تنفيذ نفس الاجراءات السابقة مع زيادة زمن القياس إلى ٦٠ ثانية عند كل نقطة.

عدد نقاط القياس وتوزيعها: تم توزيع نقاط القياس علي كامل مسطح النفق وقد بلغ عددها 52 نقطة قياس. و الشكل رقم 12 يوضح توزيع تلك النقاط.

القيم المقاسة: [٣] L٩٩ SEL LEQ L٩٠ L٥٠ L١٠ L١

MAXP MAXL Min. RMS INST
PEAK. (راجع الملحق)



شكل رقم : ١٢ توزيع نقاط المسح الميداني الثاني علي مسطح النفق.

4.4.4. المسح الميداني الثالث

الهدف من المسح: قياس مستوى الضجيج الصادر عن مراوح التهوية لكامل الطيف الصوتى.

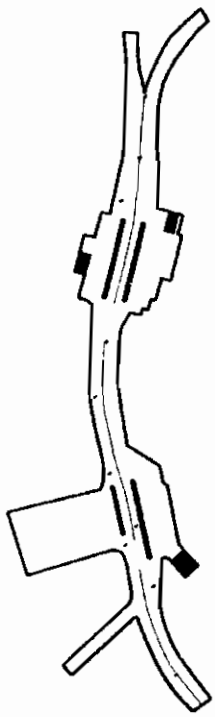
تاريخ و زمان المسح: تم المسح يوم الأحد الموافق ٢٦ من رمضان المسح بعد انتهاء صلاة القيام مباشرة وذلك فيما بين الساعة ٩:٤٥ مساءا والساعة ١١:٣٠.

عدد نقاط القياس وتوزيعها: تم القياس لعدد عشرة قراءات موزعة علي مسطح النفق كما هو موضح بالشكل رقم ١٣ وقد تم تحديد هذه النقاط بحيث تغطي الأماكن التي تم قياس أعلي معدلات بها خلال القياسين السابقين.

نتائج القياس: [٣]

MAXP Peak
SPL MAXLMINL INST
(راجع الملحق) L_N L. LEQ OL LN

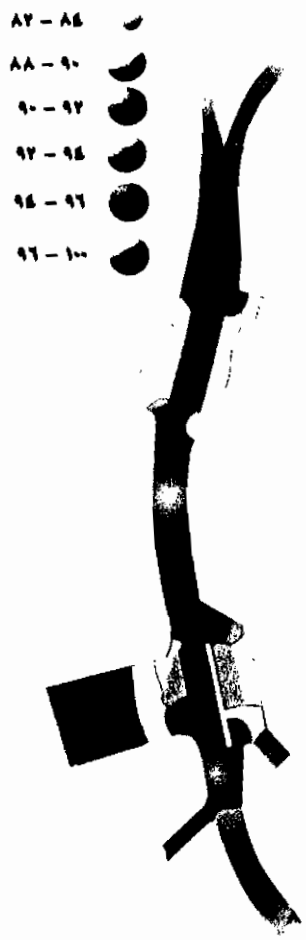
و ذلك للترددات التالية بالإضافة إلي القيمة الإجمالية:
٢٥ هيرتز –٣١.٥ هيرتز - ٤٠ هيرتز – ٥٠ هيرتز - ٦٣ هيرتز – ٨٠ هيرتز -١٠٠ هيرتز – ١٢٥ هيرتز - ١٦٠ هيرتز – ٢٠٠ هيرتز -٢٥٠ هيرتز – ٣١٥ هيرتز - ٤٠٠ هيرتز – ٥٠٠ هيرتز - ٦٣٠ هيرتز – ٨٠٠ هيرتز – ١.٢٥ كيلو هيرتز – ١.٦ كيلو هيرتز - ٢ كيلو هيرتز – ٢.٥ كيلو هيرتز – ٣.١٥ كيلو هيرتز – ٤ كيلو هيرتز – ٦.٣ كيلو هيرتز – ٨ كيلو هيرتز - ١٠ كيلو هيرتز – ١٢.٥ كيلو هيرتز.(راجع الملحق)



شكل رقم : ١٣ توزيع نقاط المسح الميداني الثالث علي مسطح النفق.

5. النتائج:

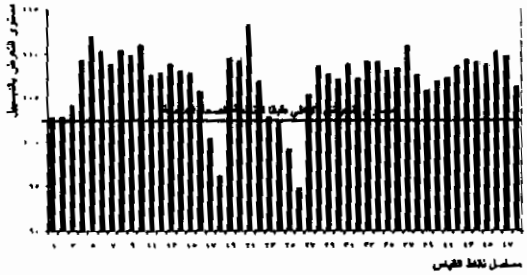
تم خلال المسح الميداني الأول و الثانى تسجيل **مستوى الصوت المعادل** على كامل مسطح النفق والشكل رقم ١٤ يعرض تمثيلا كنتوريا لمستوي الضغط الصوتي المعادل المقاس علي كامل مسطح النفق.



شكل رقم : ١٤ توزيع مستوى الصوت المعادل على مسطح النفق.

يتضح من الخريطة الكونتورية أن هناك فارق كبير في مستوي الضوضاء بين محطات الاركاب وباقي مسطحات النفق حيث تراوحت القيم داخل محطات الركاب بين ٨٢ و ٨٦ ديسيبل بينما تراوحت في باقي مسطحات النفق بين ٩٢ و ١٠٠ ديسيبل. كما توضح الخريطة أن أعلي معدل تم تسجيله بالقرب من المناطق المحيطة بمحطات الاركاب مباشرة (مناطق ج)

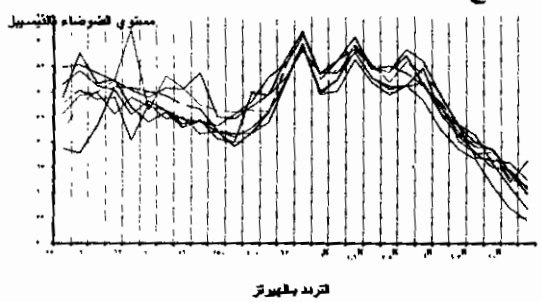
يعرض الشكل ١٥ **مستوى التعرض** عند نقاط القياس حيث تعدت القيم المقاسة ١٠٥ ديسيبل عند اكثر من ٦٨ % من نقاط القياس بينما تعدت حد ال ١٠٠ ديسيبل عند ٩٤ % من نقاط القياس.



شكل رقم : ١٥ مستوي التعرض داخل النفق عند نقاط القياس الموزعة علي مسطح النفق.

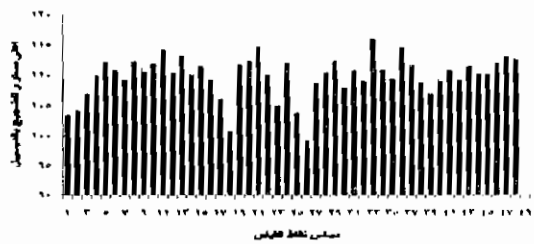
الشكل رقم ١٦ يعرض رسما بيانيا لكامل التردد للصوت المسموع للضوضاء داخل النفق حيث يتضح من الرسم أن هناك نوعين من الضوضاء:

- ضوضاء متقطعة مرورية وتتركز في الترددات المنخفضة بين تردد ٢٠ هيرتز و٤٠٠ هيرتز بمستوي شدة متوسطة ٨٠ ديسيبل.
- ضوضاء رنينية ذات تردد ٦٣٠ هيرتز بطاقة صوتية تبلغ٩٠ ديسيبل وذات تردد ١.٢٥ كيلو هيرتز وبطاقة صوتية تبلغ ٨٨ ديسيبل وايضا عند تردد ٤ كيلو هيرتز وبطاقة اقل تبلغ ٨٥ ديسيبل.



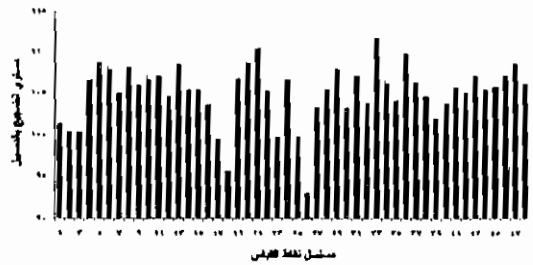
شكل رقم : ١٦ مستوي الضوضاء المعادل لكامل التردد المسموع عند نقاط القياس داخل النفق.

يعرض الشكل رقم ١٧ أعلي مستوي تم تسجيله خلال ثانية واحدة للقياس حيث يتضح أن كل القيم تقريبا تعدت حد ال ١٠٠ ديسيبل و إنها وصلت إلى ١١٥ ديسيبل عند اثنتين من تلك النقاط.



شكل رقم : ١٧ أعلي مستوي للضوضاء تم تسجيله خلال ثانية واحدة عند نقاط القياس داخل النفق.

يعرض الرسم البياني بالشكل ١٨ أعلي قيمة مقاسه تم تسجيلها خلال فترة القياس عند كل نقطة والتي تبلغ ستون ثانية ويتضح من الشكل أن متوسط تلك القيم هو ١٠٥ ديسيبل و انها بلغت ١١٠ عند ثلاث من تلك النقاط.



شكل رقم : ١٨ أعلي مستوي للضوضاء المعادل لكامل التردد المسموع تم تسجيله عند نقاط القياس.

6. التحليل:

من النتائج السابق عرضها يتضح أن النفق به مشكلة ضوضاء و هذه المشكلة ذات شقين:

<u>الشق الأول</u> و يتمثل في وجود الضوضاء بنوعيات مختلفة:

المصدر الرئيسي للطاقة الصوتية المكونة للضوضاء داخل النفق هو مراوح التهوية العملاقة بالإضافة إلي الضوضاء الناتجة عن حركة السيارات و الحافلات داخل النفق. هذا وقد تم تحديد ثلاثة أنواع من أنواع الضوضاء المتعارف عليها و بمعدلات قد تسبب في بعض الأضرار النفسية و الجسمانية لمرتادي و مستخدمي النفق و هذه الأنواع هي:

- ضوضاء مستمرة ناتجة مراوح التهوية بالنفق تراوحت بين ٩٢ و ١٠٠ ديسيبل LA_{eq}.
- ضوضاء لحنية تنتج عن مراوح التهوية ذات تردد ٦٣٠ هيرتز بطاقة صوتية تبلغ٩٠ ديسيبل و ذات تردد ١.٢٥ كيلو هيرتز و بطاقة صوتية تبلغ ٨٨ ديسيبل و أيضا عند تردد ٤ كيلو هيرتز و بطاقة اقل تبلغ ٨٥ ديسيبل.
- ضوضاء ترددية ناتجة عن أبواق و موتورات السيارات و بمستوي شدة متوسطة ١٠٠ ديسيبل L_{max} و تتركز في الترددات المنخفضة بين تردد ٢٠ هيرتز ٤٠٠ هيرتز.[٢]

<u>الشق الثاني:</u> و يتمثل في تعرض بعض مستخدمي النفق لمستويات عالية من الضوضاء و لفترات كبيرة نسبيا لتلك المستويات و هذه الفئات علي التوالي هي:

- الجنود و العاملون الذين يجب ألا يتعرضوا لمستوي أكثر من ١٠٠ ديسيبل L_{max} لمدة ٣٢ ساعة سنويا علي أن لا تزيد المدة الواحدة عن ٨ ساعات متصلة بينما يتعرض العاملون لأكثر من ١٢٠ ساعة خلال شهر رمضان فقط و لمستويات تصل إلي ١١٠ ديسيبل.[٣]
- الركاب الذين ينتظرون الحافلات الخاصة بالفنادق والتي تقوم بخدمة ترددية تتراوح فترتها الزمنية بين ٢٠ و٤٥ دقيقة للدورة الواحدة. حيث تبين من الدراسة أن المجموعات التي تتضمن نساءا أو كبارا في السن لا تستطيع المزاحمة و عليه فإن فترات انتظارهم تمتد لاكثر من دورة مما يزيد من فترات تعرضهم.

حيث يتعرضون لمستوي يتراوح بين ٨٨ و ١٠٢ ديسيبل لفترة قد تتراوح بين ساعة و ١.٥ ساعة.[٧و٨]

- نتيجة الازدحام فان الركاب يضطرون للخروج إلى مناطق ج من النفق و التي تبين من القياسات أنها من اعلي مناطق النفق في مستويات الضوضاء.
- وجود مشكلة مرورية تتمثل في تلاقي السيارات الخارجة من النفق جهة شارع الكعبة مع المرور السطحي مما يقلل من معدل سريان حركة السيارات و تدفقها من النفق وهذا بالتالي يزيد عدد السيارات داخل النفق و كذلك الفترات الزمنية التي تقضيها كل سيارة مرورا بالنفق.
- وجود فتحات في الجزيرة الوسطي بالنفق يسمح بعبور المشاة من جهة لأخرى مما يعرضهم للمخاطر و يزيد من عرقلة سير السيارات.
- وجود فتحتين للسماح بعودة السيارات للخلف يضيق العرض الفعلي للنفق للنصف و يضاعف مدة مرور السيارات داخل النفق و ما يستتبع ذلك من زيادة في الضوضاء.

7. الخلاصة و التوصيات:

1.7. توصيات عامة:

- يجب الاهتمام بمتابعة مستويات الضوضاء البيئية فى المبانى التى تختلط بها أنشطة المشاه مع الآلات.
- عند التعامل مع الضوضاء البيئية يجب الانتباه لطبيعة الانشطة وربطها مع مستويات التعرض.
- تمثل نظم المعلومات الجغرافية اداة جيدة تساعد فى عملية تحليل البيانات المسجلة وربطها جغرافيا.

بالنسبة لحالة النفق موضوع الدراسة نوصي باتخاذ الخطوات التالية لمعالجة مشكلة الضوضاء بالنفق:

2.7. توصيات خاصة بمشكلة نفق السوق الصغير:

ا. علي المدى القصير:

- إعادة توزيع نوبات عمل الفنيين و الجنود و العاملين داخل النفق بحيث لا تتعدي فترات عملهم الحدود التي تم عرضها سابقا. مع ضرورة متابعتهم نفسيا و صحيا.
- تغيير مسار حافلات الفنادق الترددية إلي مكان آخر خارج النفق بما يحمي الركاب من التعرض لمدة طويلة لهذه المستويات المرتفعة من الضوضاء. كما أنه يقلل من الحمل المروري علي النفق.

ب. علي المدى البعيد:

- حل المشكلة المرورية عند مخرج النفق بما يضمن سهولة سريان المرور من النفق.
- نقل فتحات الرجوع للخلف إلي مكان خارج النفق بما يضمن عدم إعاقة سريان السيارات.
- دراسة بدائل التهوية و تحريك الهواء داخل النفق بما يحقق متطلبات التهوية وفى نفس الوقت يقلل من الضوضاء الناتجة.

8. الشكر والتقدير:

يشكر الباحث قسم العمارة الاسلامية بكلية الهندسة - جامعة أم القرى لتقديمه أجهزة القياس المستخدمة فى هذه الدارسة وكذلك معهد خادم الحرمين الشريفين لابحاث الحج لرعايته لهذه الدرسة وانهاء كافة التصاريح والاجراءات اللازمة لاجراء المسوح الميدانية داخل النفق إضافة إلى رعاية عرضه على لجنة من الخبراء المتخصصين وممثلين للجهات التنفيذية ذات الصلة للاطلاع على نتائجه وتقييم سبل الاستفاده منها.

9. المراجع:

1. الهيئة العربية السعودية للمواصفات والقياسات، مواصفة رقم 1983/283 **دليل المواصفات القياسية السعودية الخاصة بقياس الضوضاء**، السعودية 1403/7/7 هـ
2. Brigitta Berglund and Thomas Lind Val, **Community Noise**.

L٩٩: Level exceeded ٩٩٪ of the time.
L٩٠: Level exceeded ٩٠٪ of the time.
L٥٠: Level exceeded ٥٠٪ of the time.
L١٠: Level exceeded ١٠٪ of the time.
L١: Level exceeded ١٪ of the time.
INST: Instantaneous RMS level Sampled every second.
Peak: Maximum peak in last ١s.
INST: Instantaneous RMS level, sampled every second.
SPL: Maximum RMS in last ١s.
OL: Overload time in % of measurement time.
LN: Loudness in accordance with ISO ٥٣٢ B.
LN L: Loudness level in accordance with ISO ٥٣٢ B.

Printed By James; Stockholm Sweden. (١٩٩٥)
٣. Bruel& Kjaer, **Environmental Noise Booklet**, Bruel& Kjaer Cop. (April ٢٠٠١)
٤. Cyril M. Harris, **Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control**, (١٩٩٧).
٥. David Kelso and Al Perez, **Noise Control**, Northern sound, Minneapolis Minnesota, May ١٩٨٣
٦. WHO, **WHO Fact Sheets of Community Noise**, Feb ٢٠٠١ www.who.int/peh/.
٧. Katz, J. (ed.). **Handbook of Clinical Audiology**. Baltimore, ML: Williams& Wilkins, ٤th ed. (١٩٩٤).
٨. Job, R.F.S. Community response to noise: A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. Journal of the Acoustical Society of America, ٨٣:٩٩١-١٠٠١ (١٩٨٨a).

10. ملحـــق (1): بيـــان الاختصارات الفنية:

LEQ : Equivalent Continuous Sound Level.
SEL : Sound Exposure Level.
MINL Min. RMS level since current measurement began.
MAXL: Max. RMS level since current measurement began.
MAXP : Max. Peak level since current measurement began.
PEAK: Max. Peak level in ١ Second interval.